

### АНОТАЦІЯ

Назва дисципліни / освітнього компонента	<b>НАНОМАТЕРІАЛИ І НАНОТЕХНОЛОГІЇ</b>
Освітня програма	Фізика та астрономія Середня освіта. Фізика та астрономія
Компонент освітньої програми	Вибірковий
Загальна кількість кредитів та кількість годин для вивчення дисципліни	3 кредити / 90 годин
Вид підсумкового контролю	Залік
Мова викладання	Українська
Викладач	доц. Максимцев Юрій Романович
CV викладача на сайті кафедри	<a href="https://kfamv.rshu.edu.ua/home/kolektyv-kafedry?view=article&amp;id=25:maksymtsev-yurii-romanovych&amp;catid=11">https://kfamv.rshu.edu.ua/home/kolektyv-kafedry?view=article&amp;id=25:maksymtsev-yurii-romanovych&amp;catid=11</a>
E-mail викладача	<a href="mailto:yurii.maksymtsev@rshu.edu.ua">yurii.maksymtsev@rshu.edu.ua</a>
Консультації	Четвер: 12.45 – 14.00 Аудиторія 206, Пластова 31

## МЕТА ТА ЗАВДАННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Дисципліна "Наноматеріали і нанотехнології" відображає одну з найбільш динамічних галузей сучасної науки, що виникла на перетині фізики конденсованого стану, хімії поверхні та квантової інженерії. Вивчення цієї дисципліни обумовлене переходом сучасної індустрії до маніпуляцій речовиною на атомарному та молекулярному рівнях, де домінуючими стають квантово-розмірні ефекти. Нанотехнології дозволяють створювати матеріали з принципово новими фізико-хімічними властивостями, які не притаманні макроскопічним аналогам, що відкриває широкі перспективи для електроніки, енергетики, медицини та космічної галузі.

Головною метою вивчення дисципліни є формування у здобувачів освіти цілісної системи знань про фізичні принципи функціонування об'єктів нанометрового масштабу, методи їх отримання та дослідження. Курс спрямований на розуміння фундаментальної ролі високого відношення площі поверхні до об'єму, квантового обмеження носіїв заряду та особливостей фазових перетворень у нанокластерах. Особлива увага приділяється вивченню унікальних властивостей вуглецевих наноструктур, нанофотоніці та методам атомно-силової діагностики.

Основними завданнями навчальної дисципліни є: Вивчення квантово-механічних засад нанофізики: квантові ями, дроти та точки, енергетичний спектр обмежених систем. Опанування класифікації наноматеріалів за розмірністю ( $0D$ ,  $1D$ ,  $2D$ ,  $3D$ ) та хімічною природою (металеві, напівпровідникові, вуглецеві). Дослідження методів синтезу наноструктур: підходи «знизу-вгору» (самозбирання, хімічне осадження) та «згори-вниз» (літографія, іонне травлення). Ознайомлення з методами прецизійної діагностики нанооб'єктів: електронна мікроскопія ( $TEM$ ,  $SEM$ ), зондова мікроскопія ( $STM$ ,  $AFM$ ) та рентгенівська дифрактометрія. Аналіз впливу наноструктурування на механічні, магнітні, оптичні та каталітичні властивості матеріалів. Вивчення концепцій молекулярної електроніки, спінтроніки та створення сенсорних систем нового покоління.

Об'єктом вивчення є штучно створені або природні структури, розмір яких хоча б в одному вимірі не перевищує 100 нанометрів. Предметом дисципліни є фізичні закономірності формування нанофаз, технологічні цикли створення нанопристроїв та методи керування їхніми функціональними характеристиками.

## **ЗМІСТ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

### **Тематика лекційних занять (16 годин).**

*Лекція 1. Вступ до нанонауки.* Історія та етапи розвитку нанотехнологій. Класифікація нанооб'єктів. Масштабні ефекти: роль поверхневих явищ та зміна термодинамічної стабільності.

*Лекція 2. Квантово-розмірні ефекти.* Зміна густини енергетичних станів при зменшенні розмірності. Фізика низькорозмірних систем: від масивних кристалів до квантових точок.

*Лекція 3. Вуглецеві наноструктури.* Графен, фулерени, нанотрубки. Гібридизація орбіталей та унікальні транспортні властивості вуглецевих матеріалів.

*Лекція 4. Методи отримання наноматеріалів.* Фізичне та хімічне осадження з газової фази (*PVD, CVD*). Метод молекулярно-променевої епітаксії. Золь-гель технології.

*Лекція 5. Нанолітографія та наноструктурування.* Оптична, електронна та іонна літографія. Нанодрукування. Самовпорядкування та процеси самозбирання.

*Лекція 6. Методи дослідження наносвіту.* Дифракційні та спектроскопічні методи. Основи скануючої зондової мікроскопії (*STM, AFM*). Електронна мікроскопія високої роздільної здатності.

*Лекція 7. Функціональні наноматеріали.* Наномагнетизм та гігантський магнітоопір. Нанопотоніка: плазмонні резонанси в наночастках. Нанокомпозити та суперміцні матеріали.

*Лекція 8. Прикладна нанотехнологія та етика.* Наноелектроніка та сенсорика. Перспективи наномедицини. Проблеми токсичності та екологічної безпеки наноматеріалів.

## Тематика практичних занять (14 годин).

### **Практичне заняття 1.** Геометричні та термодинамічні розрахунки.

Розрахунок частки поверхневих атомів у кластерах різної форми. Оцінка зміни температури плавлення наночастинок.

### **Практичне заняття 2.** Квантові рівні в обмежених потенціалах.

Розрахунок енергетичних рівнів у квантовій ямі та оцінка зміщення краю поглинання (блакитний зсув).

**Практичне заняття 3.** Моделювання вуглецевих нанотрубок. Визначення індексів хіральності та прогнозування типу провідності (металева/напівпровідникова) за вектором згортання.

**Практичне заняття 4.** Аналіз мікроскопічних зображень. Обробка та інтерпретація результатів атомно-силової мікроскопії: аналіз шорсткості та розмірів частинок.

### **Практичне заняття 5.** Оптичні властивості колоїдних розчинів.

Розрахунок плазмонного резонансу наночастинок золота та срібла на основі теорії Мі.

**Практичне заняття 6.** Дифракційні методи діагностики. Визначення середнього розміру кристалітів за розширенням рентгенівських піків (формула Шеррера).

**Практичне заняття 7.** Нанотехнологічні схеми та пристрої. Проектування топології польового нанотранзистора та аналіз його вольт-амперних характеристик.